

令和 6 年 6 月 13 日現在

機関番号：13801

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2023

課題番号：20K14079

研究課題名（和文）理解深化を志向した協調学習とプログラミングの統合枠組みの提案

研究課題名（英文）Proposing a Framework for Integrating Collaborative Learning to Deepen Understanding in Programming Education

研究代表者

遠山 紗矢香（Tohyama, Sayaka）

静岡大学・情報学部・講師

研究者番号：80749664

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：研究期間全体を通じて、プログラミングにおける理解深化に協調学習が有効であることが示された。また、学習者は自分が解きたい問題を解決しようとする過程において、基本的なプログラミングの知識や技術を習得していく様子も観察された。さらに、学習者が1人ひとり異なるゴールを設定することや、そのゴールに向けて自己調整しながら進んでいくことが、協調学習と両立することも示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

プログラミングは一人で学習する印象のある学習対象だが、他の学習対象と同様に、内容について理解を深めるためには協調学習が有効であることが示された。また、基礎を学んでから応用に進むという学習活動の順序性が重視されることがあるが、これについても「基礎」部分を圧縮し、学習者が実現したいことを見つけながら学びを進めていく方法が有効であること、つまり応用を通じて基礎的知識を修得していくことが示された。

研究成果の概要（英文）：Throughout the research period, it was shown that collaborative learning is effective in deepening understanding in programming. Additionally, it was observed that learners acquire basic programming knowledge and skills in the process of solving problems they want to address. Furthermore, it was demonstrated that learners setting individual goals and progressing towards those goals while self-regulating can coexist with collaborative learning.

研究分野：認知科学，教育工学

キーワード：プログラミング教育 協調学習 理解深化 構築主義

## 1. 研究開始当初の背景

子どもがプログラミングを学ぶ重要性はヨーロッパだけでなく、アジア諸国でも広く認められている (Jitsuzumi *et al.*, 2018). この背景には、いわゆる Computational Thinking (以下 CT) の育成や、AI/IoT の構築やネットワーク技術を自在に扱うプログラミング技術者 (いわゆる高度 ICT 人材) の育成がプログラミング教育で実現できるという考えがある。学校教育への導入も進んでおり、英国では「Computing」という科目が小学校低学年から設けられ、日本では 2020 年度から小学校で実施される新学習指導要領の算数・理科でプログラミングが例示された。

一方で注意を要するのは、プログラミングは「できる」が「わかる」に先んじる可能性を含む活動 (Karmiloff-smith, 1992) である点にある。この性質は、基礎を「習得」したあとにその知識・技能を「活用」という一般的な学習の流れを転換する可能性を含んでいる。プログラミングでは、サンプルを写したり、サンプル中の数値を試行錯誤的に変更したりすると、偶然プログラムが期待通りに動く場合がある。つまり、作成されたプログラムが期待通り動くかを評価するのみでは、CT の育成やプログラミング技術者の育成に資するプログラミング活動が起こっていないことを見落とす危険性がある。このため、近年の子ども向けプログラミング教育の評価では、プログラム自体の評価に加えて CT の評価 (Bienkowski *et al.*, 2015) や、アンケート・インタビュー等の多面評価を用いる工夫がなされている (Grover *et al.*, 2019)。

## 2. 研究の目的

学習者の理解深化を促すために、「活用 習得」型の学びを実現するうえでプログラミングを効果的に適用する方法を提案することが目的である。探索的な試行錯誤であっても、学習者にとって期待通りの動きをするプログラムができることがあるプログラミングの特徴を逆手に取り、学習者が「できた」後で、なぜできたかを協調学習によって「わかる」よう導く方法の有効性を探る。

## 3. 研究の方法

1 年目には、プログラミングを協調学習と組み合わせた学習環境のデザインを行い、学習者の理解を深化させるためのツールとしてプログラミングを活用した。具体的には、座標平面上を自在にキャラクターが動くゲーム要素を取り入れた穴あきプログラムを児童へ提供し、話し合いながらプログラムを完成させることを促した。また、プログラミング活動の前後において、児童の理解状況を確認するための座標平面に関するペーパーテストを実施した。

2 年目には、児童が 1 人 1 台の PC を使用して、自分なりの作品を制作する創造的なプログラミング活動を、複数名で同時に進める形態でのプログラミング教育を実施した。これは、個人活動が占める割合を増加させたうえで、児童個人の主体的な作品づくりが仲間とどのように共有可能であるかを検討するためである。具体的には、1 週間につき 1 回 90 分程度のプログラミング教室を開講し、冒頭 10 分程度で簡単なプログラミングの方法について説明したうえで、残り時間を児童の自由作品制作にあてた。教室は 5 週間行い、最後の教室では作品の相互発表会を実施した。プログラミング教室は少人数制として、密にならないよう配慮した。

3 年目には、これまでに実施した創造的なプログラミング教育の実践研究についてデータを取りまとめ、対外的に発表を行うことに注力した。また、関連研究として、(1) 子どものプログラミング学習への介入を行う実験室実験、(2) ジェンダーが子ども達のプログラミング学習へ与える影響についての量的調査、(3) プログラミング教育の長期的な評価研究を開始した。(1) は女子児童のプログラミング活動参加希望者が極めて少なかったため、(2) についての調査を行うこととなった。具体的には、小学生と大学生に対して、アンケート調査を行い、それら結果を比較する研究を実施した。

4 年目には、(1) メタ認知の観点からプログラミング学習への介入を行う実験室実験、(2) ジェンダーが子ども達のプログラミング学習へ与える影響についての量的調査、(3) プログラミング教育の長期的な評価研究について成果取りまとめを行った。

## 4. 研究成果

1 年目の結果として、児童の多くは穴あきプログラムを完成させた一方で、完成させたプログラムと関係の深いペーパーテストの問題には正答できない場合が少なくないこと、協動的な話し合いはプログラムがなぜそのようなものかという機構に関する理解を深めるために寄与していたことが示された。一方で、穴あきプログラムを提供する形式では、プログラムが期待通りに動けば児童の探究が止まってしまうことも示された。以上の結果は、プログラミングは「できる」が「わかる」に先んじる可能性を含む活動であること、児童を「できる」のみに留めないためには協調学習が有効であること、教材において「わかる」ことの必然性を高めるのが重要であることが示された。

2 年目の結果として、児童は主体的に自らの作品づくりに没頭しただけでなく、他者の作品が

ら刺激を受けて、自分の作品にも他者のアイデアを取り入れようとする様子を見せていた。その際、児童はまず仲間の作品における世界観やキャラクターの動き方を楽しんでから、気に入ったアイデアを自分の作品にも取り入れようとしていた傾向がみられた。一方で、1年目に実施したように一つのパソコンを複数名で共有する協調的なプログラミング学習と比べた場合、ソースコードやソースコード中の数値を相互に確認するような活動は減少していた。また、教材作成においては一般的な流れの教材と、一般的な流れとは逆の流れとなっている教材の2種類の教材を作成して、別々な児童へ提供し、児童の反応を調べた。その結果、一般的な流れとは逆の流れとなっている教材の方が、児童の探究活動が進む傾向が示された。これは、一般的な教材では冒頭に登場するキャラクターを動かす命令や、キャラクターの位置を変更する命令に数値での指示が含まれることに起因する可能性がある。

3年目の結果として、(1)については、複数名でプログラミング活動の場を共有しながら創作活動を行うことによって、他者の活動を参考にして、自分の作品へ他者のアイデアを取り入れようとする活動が見られた。また、支援者としての大人との関わり方は、子どもが自身の創作活動についてどれだけコントロール感を持っているかによって変化することもわかった。(2)については、プログラミングに対してジェンダーイメージを持っているのは大学生よりも小学生の方が多く、また女子よりも男子で人数が多いことが示された。(3)については、プログラミング学習をおこなってから時間が経過した方たちにインタビュー調査等を行なった成果をまとめた結果、プログラミングは学習者の主体的な仮説検証活動を促した可能性があり、そのことが、未知の状況を主体的に解決できる能力の涵養に寄与していた可能性が示唆された。

4年目の結果として、(1)については、複数名でプログラミングを進めていく場面において、プログラムへのメタな振り返りを促すための手法が、プログラムを端的に構造化して記載することを促す可能性が示された。(2)については、子ども達とその保護者も調査対象に含めたうえで、ジェンダーと情報分野の関係性について量的調査を行った。その結果、ジェンダーバイアスの緩和には、子ども達の周囲にIT関連職で働く大人がいることが寄与することが示された。(3)については、プログラミングを用いて探究的な学習を経験した子ども達が、そこでの学びを自分自身の人生に活かしていたことや、プログラミングが探究的な学びと互恵的に機能していたことが示された。

研究期間全体を通じて、プログラミングにおける理解深化には、主体的な仮説検証型の活動を導入すること、またその活動を促進するためには協調学習形式が有効であることが示された。仮説検証型の活動では、基本的な部品を習得するよりも前にプログラムを動かしてみることによってその部品の活用方法に触れることが、学びの動機づけになることも観察された。協調学習場面を観察したところ、子ども達はそれぞれ異なるものを作る過程で、子ども達同士で話し合っていた。このことから、子どもが1人ひとり異なるゴールを設定することや、そのゴールに向けて自己調整しながら進んでいくことが、プログラミングにおける協調学習として成立することが示された。

また、主体的な学習者の活動を促すためには、基本的なプログラミングの部品を説明するための講義時間を短縮するだけでなく、学習者がすぐに使いたいと思える部品を先に、算数の考え方を動員しなければ利用することが難しい部品を後に講義する教材配列の工夫も有効だということがわかった。この方法は、基礎を学びその後で活用を行うという順序ではなく、必要に応じて基礎的なことをわかっていくような進め方であった。

さらに、協調的なプログラミング学習を支援するために「相互教授法」を採用することで、協調的なプログラミング学習場面を通じて学習者が作成するプログラムの正確さや可読性を向上させることが示された。この結果は、プログラミング以外の場面で用いられてきた教育方法を援用することの可能性を示しているとも考えられる。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 遠山紗矢香	4. 巻 5
2. 論文標題 教育データを利活用するために	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 教育イノベーション研究センター年報	6. 最初と最後の頁 1-17
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 遠山紗矢香・竹内勇剛	4. 巻 31
2. 論文標題 micro:bitを用いた協調学習によるサイバーフィジカルに対する児童の理解深化支援とその検討	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ヒューマンインタフェース学会論文誌	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11184/his.23.2_177	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 遠山紗矢香	4. 巻 40
2. 論文標題 プログラミング教育の動向-目的・教育体制・課題に注目して-	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 教育システム情報学会誌	6. 最初と最後の頁 192-202
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14926/jsise.40.192	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Tohyama, S., Matsuzawa, Y. & Totsuka, T	4. 巻 32
2. 論文標題 What are the Consequences of Attaining a Greater Sense of Empowerment?: Longitudinal Cohort Study of Early Programming Education in Japan during the '80s and '90s	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of Information Processing	6. 最初と最後の頁 166-174
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2197/ipsjip.32.166	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 遠山紗矢香・山田 雅之	4. 巻 47-Suppl
2. 論文標題 児童生徒のプログラミングに対するジェンダーに関するイメージの調査：算数や理科との関連に注目して	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 日本教育工学会論文誌	6. 最初と最後の頁 125-128
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15077/jjet.S47068	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計14件(うち招待講演 0件/うち国際学会 6件)

1. 発表者名 Tohyama, S. & Yamada, M.
2. 発表標題 Developing Gender-Neutral Programming Materials: A Case Study of Children in Lower Grades of Primary School.
3. 学会等名 World conference on computers in education 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tohyama, S., Matsuzawa, Y. & Totsuka, T.
2. 発表標題 What Is the Consequence of Getting a Greater Sense of Empowerment? -Longitudinal Cohort Study of Early Programming Education in Japan During the '80s and '90s-
3. 学会等名 World conference on computers in education 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tohyama, S., Tominaga, K., Nakamura, K. & Hiramoto, N.
2. 発表標題 Japanese Lessons on ICT in Education with GIGA School Program.
3. 学会等名 World conference on computers in education 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山田雅之・遠山紗矢香
2. 発表標題 小学生を対象とした創造的なプログラミング課題における探索的な学習プロセスに関する検討
3. 学会等名 日本教育工学会2023年春季全国大会講演論文集
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 遠山紗矢香
2. 発表標題 プログラミング教育におけるジェンダーの影響
3. 学会等名 LS Japan Research Meeting 2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 遠山紗矢香
2. 発表標題 D-Project東海セミナーパネルディスカッション指定討論：創造性を発揮するために.
3. 学会等名 D-Project東海セミナー
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 遠山紗矢香・山田雅之
2. 発表標題 ジェンダーに配慮した小学生向けプログラミング教材の検討
3. 学会等名 日本教育工学会2022年春季全国大会（第39回大会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 遠山紗矢香・松澤芳昭・谷聖一
2. 発表標題 Computational Thinkingは評価可能か：ピーパーチャレンジの協働問題解決過程の分析
3. 学会等名 日本認知科学会第38回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tohyama, S. & Takeuchi, T.
2. 発表標題 Using Programming to Improve Elementary School Children's Mathematical Understanding: Based on the Study of Hexagons
3. 学会等名 Constructionism2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tanaka, E., Tohyama, S. & Jitsuzumi, T.
2. 発表標題 Does programming matter in Japanese high schools? - An Analysis of 12 High School Textbooks of "Informatics I" -
3. 学会等名 IFIP TC3 Open Conference on Computers in Education 2024 (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Tohyama, S. & Yamada, M.
2. 発表標題 What Gender Biases Could Impede Programming Education?: A Quantitative Study for Japanese Students
3. 学会等名 IFIP TC3 Open Conference on Computers in Education 2024 (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 浅川航輝・遠山紗矢香
2. 発表標題 プログラミング学習におけるメタ認知の介入効果
3. 学会等名 第170回コンピュータと教育研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山本和弥・遠山紗矢香
2. 発表標題 プログラミングは大学生のComputational Thinkingを育成するのか
3. 学会等名 第170回コンピュータと教育研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 近藤秀樹・遠山紗矢香
2. 発表標題 前向きアプローチを志向したコンピュータ・サイエンス授業のデザイン活動
3. 学会等名 情報教育シンポジウム2023
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計7件

1. 著者名 遠山紗矢香	4. 発行年 2022年
2. 出版社 実教出版	5. 総ページ数 6
3. 書名 産業と教育	



1. 著者名 遠山紗矢香・竹内勇剛	4. 発行年 2022年
2. 出版社 オーム社	5. 総ページ数 8
3. 書名 コグニティブ・インタラクション 次世代AIに向けた方法論とデザイン	

1. 著者名 ホーン川嶋瑤子(編著), 石井 英真 (著), 堀田 龍也 (著), 久富 望 (著), 遠山 紗矢香 (著), 原田 眞理 (著), 佐々木 威憲 (著), 松田 悠介 (著), 牧 兼充 (著), 飯田 麻衣 (著), 石田 一統 (著)	4. 発行年 2021年
2. 出版社 東信堂	5. 総ページ数 304
3. 書名 グローバル化, デジタル化で教育, 社会は変わる	

1. 著者名 菊地寛・遠山紗矢香	4. 発行年 2021年
2. 出版社 大日本図書	5. 総ページ数 35
3. 書名 たのしい学校60号	

1. 著者名 遠山紗矢香	4. 発行年 2020年
2. 出版社 日本教育会静岡県支部	5. 総ページ数 2
3. 書名 静岡県支部たより	

1. 著者名 遠山紗矢香	4. 発行年 2021年
2. 出版社 教育システム情報学会誌	5. 総ページ数 1
3. 書名 コミュニティプラザ：理解深化を志向した協調学習とプログラミングの統合	

1. 著者名 Tohyama, S.&Yamada, M.	4. 発行年 2023年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 13
3. 書名 Towards a Collaborative Society Through Creative Learning (IFIP AICT 685)	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------